Métodos Diretos Mecânicos para Investigação do Subsolo

Estudo aplicado à Engenharia Civil

Métodos essenciais para caracterização do terreno, fundamentais para a segurança e economia de empreendimentos civis.

- Sondagem à Percussão (SPT)
- Sondagens Rotativas
- Sondagens Mistas
- Amostras Indeformadas

Introdução à Investigação Geotécnica

A investigação geotécnica é um pilar fundamental na engenharia civil, pois o conhecimento aprofundado do subsolo é crucial para a segurança, estabilidade e economia de qualquer empreendimento.

Importância na Engenharia Civil:

- Permite projetar fundações adequadas com base nas características do solo e da rocha subjacente
- Prevenção de falhas estruturais através da compreensão dos comportamentos do terreno
- Otimização de custos ao evitar soluções inadequadas ou superdimensionadas
- Fundamenta decisões de projeto e execução de obras civis

Estudo do Subsolo

Compreender as características do solo e da rocha subjacente permite aos engenheiros:

- Dimensionar fundações seguras
- Prever comportamentos do terreno
- Identificar riscos potenciais
- Adotar soluções tecnológicas apropriadas

Principais Métodos Diretos Mecânicos

Os métodos diretos mecânicos de investigação do subsolo são essenciais para a prática da engenharia civil, permitindo a caracterização do terreno através da obtenção de testemunhos e dados de resistência.

Sondagem à Percussão (SPT)

Método mais difundido no Brasil, utilizado para obter informações sobre a resistência do solo através da cravação de um amostrador padrão por golpes de 65 kg de altura 75 cm.

Sondagens Rotativas

Empregada quando as sondagens à percussão se tornam ineficazes, especialmente em maciços rochosos ou em solos de alta resistência.

Sondagens Mistas

Combina a sondagem à percussão para solos e a sondagem rotativa para rochas em um único furo, otimizando tempo e custo em terrenos heterogêneos.

Sondagens Especiais

Focada na extração de amostras indeformadas, essencial para ensaios laboratoriais que exigem a preservação da estrutura original do solo.

Sondagem à Percussão (SPT) - Conceitos Fundamentais

Definição

A Sondagem à Percussão (SPT) é o método de investigação geotécnica mais difundido no Brasil. Consiste na cravação de um amostrador no solo utilizando um martelo de 65 kg que cai de uma altura padrão de 75 cm.

Importância no Brasil

- Método padrão adotado na maioria dos projetos geotécnicos
- Essencial para dimensionamento de fundações
- Padronizado por normas técnicas nacionais

Aplicações Práticas

- Projetos de fundações em edifícios e estruturas
- Estudos de estabilidade em taludes e encostas
- Avaliação de riscos em áreas de risco geológico

Procedimento Básico

Profundidade: 30 cm	Martelo: 65 kg	Altura de queda: 75 cm	Medida: Número de golpes

Equipamentos do SPT

Para a execução de uma sondagem SPT, são utilizados diversos equipamentos padronizados, que garantem a reprodutibilidade e comparabilidade dos resultados.

Tripé com Sarilho e Roldana

Estrutura de suporte para o sistema de cravação. Equipamento essencial para manter a estabilidade durante a perfuração e cravação do amostrador.

Martelo de 65 kg

Massa cilíndrica ou prismática utilizada para cravar as hastes e o amostrador. Possui altura de queda padronizada de 75 cm, garantindo consistência nos resultados.

Hastes de Aço

Conectam o martelo ao amostrador, transmitindo a energia dos golpes. São tubos de aço que devem ser mantidos em boas condições para garantir a eficiência do ensaio.

Amostrador Padrão

Com diâmetro externo de 50,8 mm e interno de 34,9 mm, é bipartido e possui uma válvula de esfera para saída de água e ar. Crucial para a obtenção de amostras indeformadas.

Estes equipamentos são padronizados pela ABNT (NBR 14280) e são essenciais para garantir a consistência e a confiabilidade dos resultados do S

Execução do Ensaio SPT - Procedimentos

O procedimento do SPT envolve várias etapas desde a perfuração inicial até a obtenção do índice de resistência.

1

Perfuração Inicial

Trado cavadeira e helicoidal

2

Nível d'Água

Quando atinge o nível d'água

3

Circulação de Água

Perfuração por circulação de água

4

Posicionamento

Amostrador no fundo do furo

Cravação do Amostrador

- Martelo de 65 kg cai de 75 cm
- Cravação em 3 segmentos de 15 cm
- Contagem de golpes necessários

65 kg

75 cm

3 × 15 cm

Interpretação dos Resultados - Índice N_SPT

Definição do Índice N_SPT

O índice de resistência à penetração (N_SPT) é definido como a soma do número de golpes necessários para a penetração dos 30 cm finais do amostrador, desprezando-se os golpes dos 15 cm iniciais.

Significado e Aplicações

- Caracteriza a resistência do solo à penetração
- Indica a consistência de solos argilosos
- Define a compacidade de solos arenosos
- Auxilia no dimensionamento de fundações

Cálculo do N_SPT

$$N_SPT = N_1 + N_2$$

onde:

N_1: número de golpes para 15 cm iniciais (desprezado)

N_2: número de golpes para 30 cm finais (considerado)

Importante saber

- Embora não seja um método de precisão elevada, o N_SPT fornece indicações valiosas da consistência de solos argilosos e da compacidade de solos arenosos
- É amplamente utilizado na engenharia de fundações para dimensionamento
- Informações cruciais para a segurança e economia das obras

Classificação dos Solos pelo SPT

A Tabela 2.1 da ABNT (2001) estabelecce designações para solos arenosos e argilosos com base nos valores de N_SPT obtidos em ensaios de campo.

Areias e Siltes Arenosos

Índice N_SPT	Classificação	Estado
≤ 4	Fofa(o)	Muito baixa
5-8	Pouco compacta(o)	Baixa
9-18	Medianamente compacta(o)	Média
19-40	Compacta(o)	Alta
> 40	Muito compacta(o)	Muito alta

Argilas e Siltes Argilosos

Índice N_SPT	Classificação	Consistência
≤ 2	Muito mole	Muito baixa
3-5	Mole	Baixa
6-10	Média(o)	Média
11-19	Rija(o)	Alta
> 19	Dura(o)	Muito alta

O N_SPT fornece uma indicação valiosa da consistência de solos argilosos e da compacidade de solos arenosos, informações cruciais para o dimensionamento de fundaç

ABNT (2001)

Perfil de Sondagem

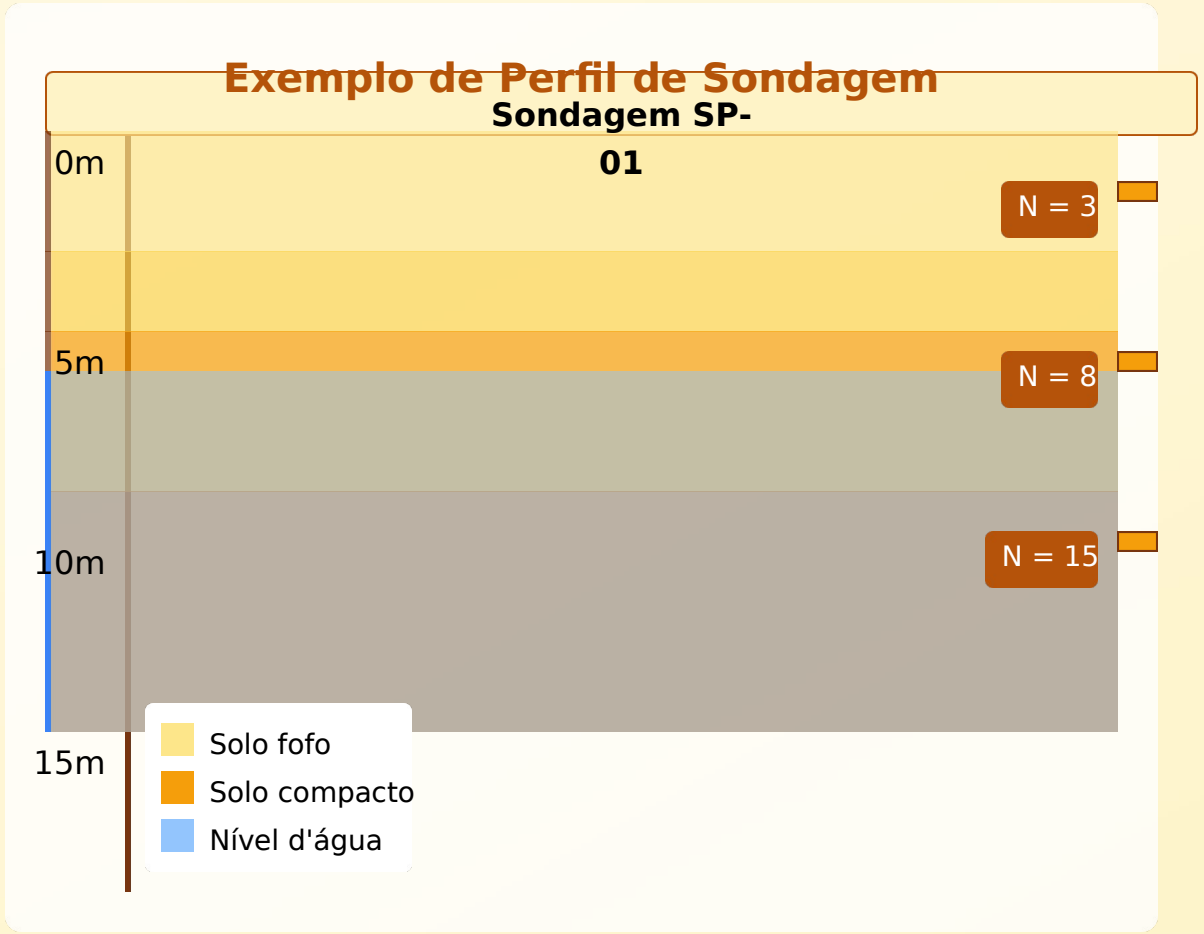
Após a coleta dos dados de campo e das amostras, todas as informações são compiladas em um perfil individual da sondagem.

Componentes do Perfil:

- Estratigrafia do subsolo
- Cotas das camadas
- Posições de coleta de amostras
- Níveis d'água subterrâneos
- Valores de N_SPT nas respectivas profundidades

Importante para o Projeto

O perfil de sondagem serve como base para o dimensionamento de fundações e a tomada de decisões durante a execução da obra, permitindo uma visualização clara das características do terreno.



Sondagem Rotativa - Aplicações

A sondagem rotativa é um método crucial para investigar maciços rochosos e solos de alta resistência, quando outros métodos se tornam ineficazes.

Fundações de Estruturas

Essencial para projetos de fundações de grandes estruturas, permitindo caracterizar o material rochoso onde as fundações serão assentadas.

Túneis e Passagens

Crucial para a análise de maciços rochosos em projetos de túneis, ajudando a determinar a estabilidade e as condições do terreno.

Barragens e Estruturas Hidráulicas

Utilizada em projetos de barragens para avaliar a qualidade do maciço rochoso e a interação com a água subterrânea.

Validação de Projetos

Na engenharia civil, a sondagem rotativa é fundamental para a validação de projetos que envolvem interação com rocha, pois fornece testemunhos de rocha que permitem:

- Identificação de descontinuidades
- Avaliação da permeabilidade
- Classificação da rocha
- Dimensionamento seguro de estruturas

Equipamentos da Sondagem Rotativa

Sonda Rotativa

Máquina que fornece a rotação e a força de avanço para a perfuração do solo ou rocha.

Hastes de Perfuração

Tubos que conectam a sonda à ferramenta de corte, transmitindo a rotação e a força.

Barrilete

Componente que aloja a coroa de perfuração e recupera o testemunho de rocha.

Coroas Diamantadas

Ferramentas de corte com pastilhas de diamante que perfuram a rocha com alta eficiência.

Conjunto Motor-Bomba

Responsável pela circulação de água ou lama para refrigeração da coroa e remoção dos detritos.

Revestimento

Tubos que estabilizam as paredes do furo, especialmente em trechos de solo ou rocha alterada.

Na sondagem rotativa, a combinação adequada desses equipamentos permite a obtenção de testemunhos de rocha de qualidade, essenciais para a caracterização do maciço rochoso.

Análise de Testemunhos

Após a perfuração, os testemunhos de rocha são analisados para avaliar a qualidade do maciço rochoso. Dois parâmetros fundamentais são:

Percentual de Recuperação

É a relação entre o comprimento total da amostra recuperada e o comprimento do trecho perfurado.

Fórmula:

Percentual de Recuperação = (Comprimento da Amostra / Comprimento Perfurado) × 100

Um alto percentual indica boa qualidade da sondagem e do maciço rochoso.

Índice de Qualidade da Rocha (RQD)

Introduzido por Deere (1967), o RQD considera apenas os fragmentos de rocha sã e dura com comprimento mínimo de 10 cm.

É um indicador da qualidade do maciço rochoso, sendo amplamente utilizado na engenharia geotécnica.

Exemplo de aplicação: Em uma sondagem rotativa, após a perfuração, os testemunhos são organizados e medidos. O RQD é calculado analisando-se os fragmentos de rocha com comprimento igual ou superior a 10 cm em relação ao comprimento total do testemunho.

Sondagens Mistas e Especiais

Sondagens Mistas

Método versátil que combina a sondagem à percussão (SPT) para solos e a sondagem rotativa para rochas em um único furo.

- Útil em terrenos heterogêneos com matacões, blocos de rocha ou camadas de solo sobrejacentes a maciços rochosos
- Optimiza tempo e custo da investigação
- Fornece perfil geotécnico completo do local

Aplicação ideal: Terrenos complexos e variáveis

Sondagens Especiais

Método focado na coleta de amostras indeformadas para ensaios laboratoriais que exigem preservação da estrutura original do solo.

- Amostras indeformadas permitem caracterização mais precisa das propriedades geotécnicas
- Diferentemente das amostras obtidas por SPT, que são naturalmente perturbadas
- Crucial para ensaios de adensamento e resistência ao cisalhamento

Principais amostradores: Parede Fina (Type "Shelby")

Ambos os métodos são complementares e essenciais para uma compreensão aprofundada do subsolo em projetos complexos de engenharia c

Amostras Indeformadas - Amostradores

Amostras Indeformadas

Para ensaios laboratoriais que exigem a preservação da estrutura original do solo, como os de adensamento e resistência ao cisalhamento, a coleta de amostras indeformadas é fundamental.

- Permite caracterização mais precisa das propriedades geotécnicas do solo
- Diferentemente das amostras obtidas por SPT, que são naturalmente perturbadas

Amostrador de Parede Fina (Tipo "Shelby")

- Composto por um tubo de latão ou aço inoxidável de espessura reduzida
- Introduzido no solo por pressão estática constante
- Ideal para solos coesivos de consistência mole a média

Diâmetros usuais: 2" (25,4mm) a 5" (127,0mm)

Amostrador Denison

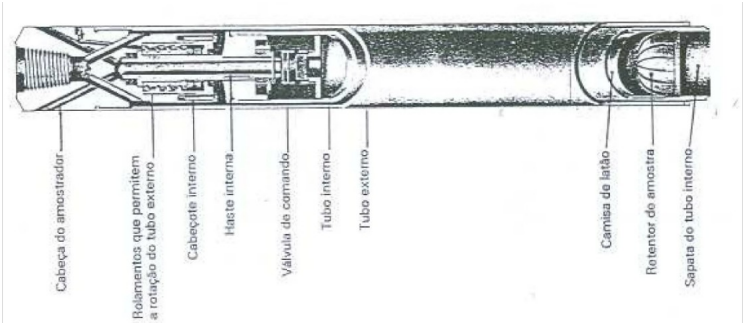


Figura 2.25 – Amostrador Denison

Diagrama técnico do amostrador Denison, mostrando componentes internos

Extração da Amostra do "Shelby"

Figura 2.3 – Extração da amostra do "shelby"

Equipamento de extração de amostra do tipo "shelby" mostrando o processo de recuperação

Aplicações Práticas na Engenharia Civil

Os métodos de investigação do subsolo são fundamentais para a tomada de decisões em projetos civis, garantindo segurança e economia.

Fundações

- Dimensionamento adequado com base na resistência do solo
- Escolha do tipo de fundação (rasa ou profunda)
- Previsão de assentamentos

Taludes e Represas

- Análise de estabilidade
- Identificação de superfícies de deslizamento
- Dimensionamento de proteções

Infraestrutura

- Projeto de viadutos e pontes
- Análise de condições do terreno
- Definição de alinhamentos

Medidas de Contenção

- Estudo da direção do deslocamento
- Instalação de piezômetros
- Análise de deformações

Exemplo Prático: Piezômetro

Dispositivo para medir a pressão da água no subsolo, crucial para a análise de estabilidade.

Benefícios das Investigações

- Segurança estrutural otimizada
- Custos reduzidos de projeto e construção
- Viabilidade técnica das obras garantida

Conclusões e Importância dos Métodos

Em síntese, os métodos diretos mecânicos de investigação do subsolo são ferramentas indispensáveis para o engenheiro civil. A escolha adequada de cada método, baseada nas características do terreno e nos objetivos do projeto, é o alicerce para um dimensionamento seguro e econômico de fundações e outras estruturas geotécnicas.

Importância na Engenharia Civil

- Garante a viabilidade e a longevidade das obras através de um dimensionamento adequado
- Otima custos ao evitar soluções inadequadas ou superdimensionadas
- Fundamenta decisões de projeto e execução com base em dados reais do terreno

Considerações Finais

- Cada método tem sua especificidade e é selecionado conforme as condições do terreno
- Essencial para engenheiros civis compreenderem os métodos e suas aplicações
- Base para a tomada de decisões informadas na engenharia de fundações

A escolha adequada dos métodos de investigação do subsolo é fundamental para a segurança e economia de qualquer empreendimento civil.